

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання нафто-
та газопереробних виробництв"

Тема роботи: Сушильна установка для сушіння бікарбонату амонію. Розробити барабанну сушарку / Drying unit for ammonium bicarbonate. Develop a drum dryer

Виконав:

студент групи ХМ-81/Зхо-0

Гонтар Владислав Валерійович

підпис

Залікова книжка

№ 20510104

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови

(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Обладнання нафто- та газопереробних виробництв"

Курс 4 Група ХМ-81/3хо-0 Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Гонтару Владиславу Валерійовичу

1 Тема роботи: Сушильна установка для сушіння бікарбонату амонію. Розробити барабанну сушарку / Drying unit for ammonium bicarbonate. Develop a drum dryer

2 Вихідні дані: Розробити барабанну сушарку для сушіння бікарбонату амонію продуктивністю за вологим матеріалом 10000 кг/год. Вологість матеріалу (% мас.): початкова – 5,0; кінцева – 0,5. Температура матеріалу (°C): початкова – 20; кінцева – 45. Температура сушильного агента (°C): початкова – 120; кінцева – 60. Розмір частинок матеріалу (мм): мінімальний – 0,1; середньозважений – 0,8.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- | | |
|---|------------|
| 1. <u>Схема технологічна виробництва бікарбонату амонію</u> | – 1,0 арк. |
| 2. <u>Складальний кресленик барабанної сушарки</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Складальний кресленик барабану</u> | – 1,0 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – Москва : Химия, 1973. – 752 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

жовтень 2021 р.

Керівник проекту _____
підпис

к.т.н., доц. Юхименко М.П.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 с., 12 рис., 5 табл., 1 додаток, 19 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва бікарбонату амонію, складальний кресленик барабанної сушарки, складальний кресленик барабану – усього 3 аркуша графічної частини формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Сушильна установка для сушіння бікарбонату амонію. Розробити барабанну сушарку / Drying unit for ammonium bicarbonate. Develop a drum dryer».

У роботі наведено теоретичні основи і особливості процесу сушіння, виконані технологічні розрахунки процесу, визначені габаритні розміри апарата, обґрунтований вибір конструкції апарата та матеріалів для виготовлення основних його складальних одиниць. Виконано розрахунок та проведено підбір допоміжного обладнання. Викладена організація монтажних і ремонтних робіт барабанної сушарки. Розрахунками на міцність та герметичність доведено надійність роботи проекрованої сушарки. У розділі «Охорона праці» розглянуто сутність та будова занулення, сфера застосування та вимоги до нього.

Ключові слова: ВИРОБНИЦТВО, БІКАРБОНАТ АМОНІЮ, БАРАБАННА СУШАРКА, ЦИКЛОН, ФІЛЬТР, ІЗОЛЯЦІЯ, ЗАНУЛЕННЯ.

Зміст

	С.
Вступ	5
1 Технологічна частина	7
1.1 Опис технологічної схеми виробництва бікарбонату амонію	7
1.2 Теоретичні основи процесу сушіння	9
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	16
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	23
2.1 Технологічні розрахунки	23
2.2 Конструктивні розрахунки	31
2.3 Гідравлічний опір апарата	35
2.4 Вибір допоміжного обладнання	36
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	40
4 Монтаж та ремонт апарата	48
4.1 Монтаж розробленого апарата	48
4.2 Ремонт апарата	50
5 Охорона праці	53
Література	57
Додаток – Специфікації до графічної частини	

					XI.C.00.00.00 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Гонтар				Лім.	Лист	Листів
Перевір.	Юхименко					4	58
Реценз.					СумДУ, ХМ-81/3хо-0		
Н. Контр.							
Затверд.	Склабінський						

Вступ

Сушінням (сушкою) називають процес видалення вологи з твердих вологих, пастоподібних або рідких матеріалів (суспензій) шляхом випаровування і відведення пари, що утворилася. Це складний тепломасообмінний процес, швидкість якого в багатьох випадках визначається швидкістю дифузійного перенесення вологи в середині твердого тіла [1].

Бікарбонат амонію – це білий кристалічний порошок, зовні схожий на сіль. Не має чіткого запаху, може бути трохи аміачним. Добре розчинний у воді, а ось в етанолі та ацетоні, навпаки, не розчинний. Це чистий екологічний продукт, який є безпечним для людини і природи. Бікарбонат амонію не вибухає, не горить і не є отруйним. Але у будь-якому випадку потрібно бути обережним. При контакті зі шкірою може викликати алергічну реакцію, пил подразнює слизові оболонки очей та органів дихання. Належить до 3-го класу небезпеки [2].

При роботі з харчовими карбонатами амонію необхідно використовувати спецодяг та засоби індивідуального захисту [3].

Амонію гідрокарбонат розкладається вище приблизно 36°C до аміаку, діоксиду вуглецю та води, це ендотермічний процес і спричиняє падіння температури [2].

Застосування бікарбонату амонію. Насамперед, амоній бікарбонат використовується в харчовій промисловості як харчова добавка E503. Також його використовують [2, 3]:

- у якості розпушувача для тіста;
- у виноробстві, щоб прискорити процес ферментації;
- при виробництві випічки: печива, хліба, бісквітів та інших хлібобулочних виробів;
- також можна зустріти при виготовленні шоколаду та інших какао-продуктів;

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

- у шкіряній справі застосовується для хромового дублення шкіри;
- у фармацевтиці при виготовленні сиропів, вітамінів, нашатирного спирту та інших ліків;
- у виробництві косметики;
- у сільському господарстві для добрива ґрунту – сприяє збільшенню врожайності, знижує кількість нітратів у готовій продукції, підвищує швидкість утворення гумусу.

Кваліфікаційну роботу бакалавра виконано у відповідності до методичних вказівок [4].

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

регенерований розчин моноетаноламіну (МЕА). У ємність приготування свіжого розчину МЕА вводиться інгібітор корозії. В абсорбер 3 зверху на першу тарілку подається промивна вода.

Насичений вуглекислим газом розчин МЕА з абсорбера 3 подається через теплообмінник на регенерацію в десорбер-регенератор 4. Очищений газ надходить в сепаратор-відстійник 5, де відбувається відстій віднесеного МЕА. Очищений газ виводиться з секції. Газова фаза з сепаратора 5-очищений вуглекислий газ-направляється на секцію виробництва бікарбонату амонію. Розчин МЕА, що виходить з нижньої частини абсорбера 3, розділяється на два потоки. Один з них – приблизно одна третина – двома паралельними потоками проходить фільтрацію через фільтри 6 і 7. Потім потоки об'єднуються і проходять по трубному простору теплообмінників 8, де нагріваються регенованим розчином МЕА. Після нагрівання вони подаються на регенерацію в десорбер-регенератор 4. Тепло, необхідне для регенерації розчину МЕА, вноситься через ребойлер 9, що обігрівається теплоносієм. При цьому парорідинний потік МЕА після ребойлера 9 надходить в паровий простір під першу тарілку десорбера-регенератора 4.

Розчин МЕА з регенератора 4 надходить в теплообмінники 8, в ємність 10, звідки насосом 11 частково пропускається через фільтри 12, 13, 14 (паралельними потоками) і 15, потім через повітряний холодильник 16 направляється на зрошення в абсорбер 3. Задля оптимальних умов абсорбції потік регенованого абсорбенту повинен бути охолоджений приблизно до 40°C. виділився вуглекислий газ разом з парами флегми з верхній частині абсорбера 3 надходить в повітряний холодильник 17 і далі після охолодження надходить в сепаратор 18. Відокремився газ направляється на секцію виробництва бікарбонату амонію, а рідка фаза насосом 19 подається в лінію зрошення регенератора 4. З метою запобігання винесенню рідкої вуглеводневої фази вертикальний сепаратор 18, забезпечений сіткою-краплевідбійником і вертикальною перегородкою.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Необхідний для виробництва бікарбонату амонію аміак направляється в збірник-накопичувач 21 і далі в вихровий абсорбер 22, зрошуваний конденсатом водяного пара. Вихровий абсорбер працює з рециркуляцією абсорбенту з метою більш повного його використання і зниження витрати. Після насичення абсорбент надходить до збірної ємності 21 і далі насосом через теплообмінник 22 в реактор 23, де здійснюється реакція взаємодії аміаку і двоокису вуглецю у водному середовищі з утворенням бікарбонату амонію. Розчин бікарбонату амонію, близький до насичення, насосом прокачується через теплообмінник для зниження його температури до 15°C. далі пересичений розчин надходить через теплообмінник 25 в гідроциклон 26 з охолоджуючою сорочкою, де відбувається виділення кристалічного бікарбонату амонію від основної частини маточного розчину, який знову направляється в реактор.

Кристалічний осад з гідроциклону 26 подається в центрифугу 27 для його зневоднення і далі на остаточну сушку. Для забезпечення необхідної гідродинамічної обстановки і повного використання двоокису вуглецю в реакторі організовується циркуляція газової фази за допомогою газодувки 28. Накопичення інертів в системі виключається періодичної її продувка. При цьому газовий потік направляється в вихровий абсорбер 22. Оскільки бікарбонат амонію є термічно нестабільною речовиною і повністю розкладається на складові при 60°C, в технологічній схемі передбачено охолодження аміачної води і експанзерного газу, що подається в реактор. Готовий продукт з центрифуги 27 подається на сушку і подальшу фасовку. Обігрів теплообмінників 23 і 25 здійснюється паром.

1.2 Теоретичні основи процесу сушіння

Теоретичний огляд, що наведено у данному розділі, виконано на підставі літературних джерел [1, 5–7].

Одним із основних процесів, який реалізується при отриманні товарного продукту бікарбонату амонію є процес сушіння. Це процес

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						9
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

видалення вологи з матеріалів, шляхом її випаровування і відведення утворених парів. Апарати, в яких безпосередньо відбувається процес сушіння, називаються сушарками.

Вибір способу сушіння, а відповідно і типу сушарки, залежить від хімічних властивостей матеріалу. Для сушіння бікарбонату амонію застосовується барабанна сушарка. Такі апарати виконуються у вигляді горизонтальних барабанів, що обертаються. Вони є дуже поширеними у промисловості.

Час перебування матеріалу в гладкому порожньому барабані залежить від його довжини, діаметра і кута нахилу до горизонту, числа обертів, кута природного укосу матеріалу та динамічного напору газу, що протікає.

Час контакту твердого матеріалу із газом становить лише частину повного часу перебування матеріалу в барабані. Іншу частину часу шматки залишаються під шаром іншого матеріалу і тому в процесі практично не беруть участь.

На підставі експериментальної перевірки та обробки дослідних даних **для гладких барабанів без насадок** запропоновано наступну формулу для визначення часу перебування матеріалу в барабані:

$$\tau = \frac{0,308L \cdot (\varphi + 24)}{Dni}, \text{ хв.} \quad (1.1)$$

Формула дана для барабана довжиною L , діаметром D , коефіцієнтом заповнення барабана $\beta=0,1\dots0,15$, і нахилу барабана, що змінювався під час дослідів від 1° до 6° . Нахил барабана до горизонту i виражений у цій формулі у відсотках. φ позначає кут природного укосу матеріалу.

Час перебування матеріалу в барабанах з розподільною насадкою, виконаною у вигляді безперервної спіральної смуги шириною, що перевищує товщину шару матеріалу, і з кроком гвинтової лінії t , можна визначити за формулою:

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$\tau = \frac{L}{t \cdot n}, \text{ хв.}$$

А якщо насадка виконана з окремих лопатей розташованих по гвинтовій лінії з кроком t , то час перебування буде тим більшим, чим більше просвіти між лопатями. Якщо Ψ – кут займаний лопаткою, а ρ – кут просвіту між лопатями, то приймаючи $\varphi = \frac{\rho}{\Psi + \rho}$, отримаємо:

$$\tau \approx \frac{\varphi \cdot L}{t \cdot n}, \text{ хв.} \quad (1.2)$$

Необхідний час перебування диктується тривалістю технологічного процесу та визначається з технологічного розрахунку або задається технологами. Для багатьох процесів тривалість їхнього перебігу знайдена експериментально. Наприклад, при проектуванні барабаних атмосферних сушарок необхідний час знаходиться на підставі, так званої, напруги барабана з вологи W в кг/год., що приходить на 1 м^3 об'єму барабана.

Величина A залежить від типу сушарки, числа обертів, швидкості повітря і властивостей матеріалу, що висушується. Значення A за експериментальними даними наводиться в літературі.

Із виразу A знаходиться необхідний об'єм. З іншого боку, об'єм барабана $V=L \cdot F$. Поперечний переріз барабана $F = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ береться таким, щоб швидкість газу була занадто великою і спричинила надмірне винесення дрібного зернистого матеріалу.

При паралельному тоці швидкість газу, що виходить з барабана, не повинна бути більшою 2–3 м/с.

Більш точно можна визначити гранично допустимі швидкості газу, який проходить через барабан, що обертається, поррахувавши швидкість

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

витання частинок матеріалу, тобто ту швидкість, при якій сила тяжіння частинки врівноважується силою, що дорівнює добутку динамічного напору на площу перерізу частинки, перпендикулярну до напрямку потоку газів.

На підставі тривалості часу перебування матеріалу в барабані визначається його довжина, а по швидкості газу, що протікає через барабан, визначається площа, отже, діаметр апарату. Довжина сушарки, її нахил, конструкція насадки, кількість обертів і ступінь заповнення вибираються з таким розрахунком, щоб час перебування матеріалу в барабані був не меншим за тривалість технологічного процесу.

Для кращого обдування частинок матеріалу газом та приведення з ним у контакт найбільшої маси матеріалу всередині барабана встановлюють насадки, яким надають різну конструктивну форму залежно від сипкості та гранулометричного складу матеріалу (рис. 1.2).

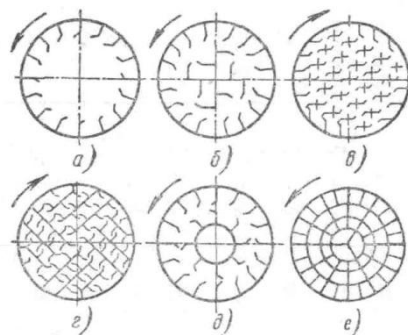


Рисунок 1.2 – Конструкції насадок:

а – лопатева; б – секторна; в, г, д – розподільні; е – перевалочні

Для кускових або вологих матеріалів, не схильних до утворення пилу і які не бояться розколювання під час падіння, встановлюється лопатева система (рис. 1.2, а), що забезпечує підйом матеріалу і падіння його вниз з висоти, близької до діаметра барабана.

Для кускових, але тендітних матеріалів застосовують секторні насадки (рис. 1.2, б). У них падіння відбувається з меншою висоти і небезпека розколювання шматків зменшується.

Для зернистих матеріалів без великої кількості дрібниць та пилу застосовуються розподільні системи насадок (рис 1.2, в, г, д).

Нарешті, для дрібних, пилячих матеріалів використовують перевальну насадку, що складається з ізолюваних один від одного осередків малого перерізу, в яких перевалювання матеріалу відбувається з малої висоти (рис. 1.2, е).

Нерідко на перших 1–1,5 м барабана встановлюють гвинтову насадку для подачі матеріалу в барабан і кращого його розподілу по поперечному перерізу.

Максимальний діаметр барабанів можна приймати: що перевозяться залізницею до 3,2 м, що збираються на місці до 5 м. Довжину обертових барабанів загального призначення, що встановлюються на двох опорах, можна приймати до 32–35 м. Відношення довжини до діаметру для апаратів загального призначення береться рівним від 4 до 8, а число обертів береться в межах від 2 до 8 об/хв.

Число обертів можна орієнтовно приймати за формулою:

$$n \approx \frac{4}{\sqrt{D}} \div \frac{8}{\sqrt{D}} \text{ , об / хв.} \quad (1.3)$$

де D – діаметр барабана, м.

Кільцева швидкість барабанів зазвичай не перевищує 1 м/с. Кут нахилу до горизонту залежить від його довжини. Для довгих барабанів цей кут дорівнює 2,5–3°, для коротких – до 6°. Коефіцієнт заповнення становить від 0,1 до 0,25.

Наведені цифри не є обов'язковими для керівництва. Вони просто характеризують стан сучасної техніки в цій галузі машинобудування та наведені як порівняльні вихідні дані, що полегшують підхід до проектування. Від цих даних можливі великі відступи, якщо вони викликані необхідністю та підтверджені розрахунком.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Визначення величини сили, що діє на ролик. Якщо G – сила тяжіння, яка приходиться на бандаж, а кут між роликами – 2φ , то реакція опори дорівнюватиме (рис. 1.3):

$$T = \frac{G}{2 \cdot \cos \varphi}, H \quad (1.4)$$

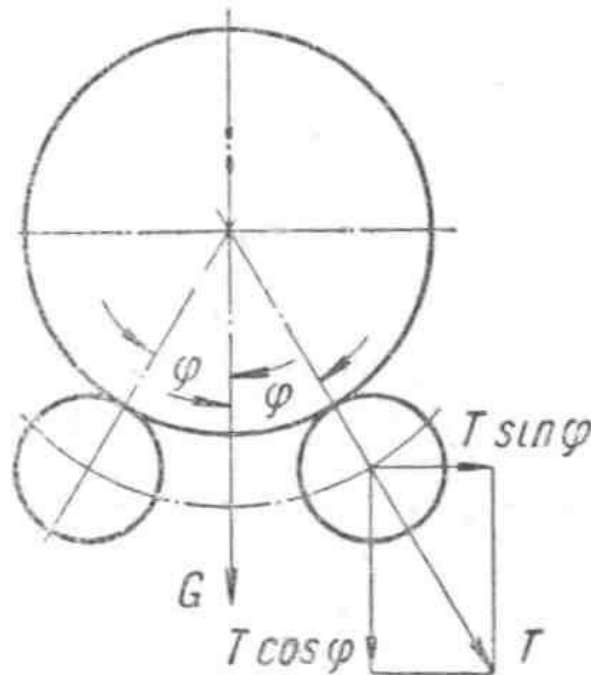


Рисунок 1.3 – Ескіз для визначення зусиль, що діють на ролик

Сила, що зсуває ролик по горизонталі:

$$S = T \cdot \sin \varphi = \frac{G}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi, H \quad (1.5)$$

Кут 2φ зазвичай дорівнює 60° . Це забезпечує необхідну стійкість барабана та не викликає надмірної сили реакції T . Під час роботи в матеріалі бандажів та роликів виникають контактні напруги. Ці напруги визначають необхідну ширину бандажу та роликів.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

Ширина бандажа b визначається залежно від допустимого навантаження на 1 погонний метр довжини майданчика торкання.

$$b = \frac{T}{P}, \text{ м} \quad (1.6)$$

Значення $P = \frac{T}{b}$ на підставі практики рекомендується брати від 1 МН/м для швидкообертальних апаратів, і до 2,4 МН/м для повільнообертальних апаратів, що роблять 3–4 об/хв.

Після визначення ширини бандажа знаходять інші розміри з умови міцності на вигин. Момент, що згинає бандаж, визначається за формулою:

$$M = A \cdot Q \cdot R, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.7)$$

де Q – навантаження, що діє на бандаж, Н;

R – внутрішній радіус бандажу, м;

A – коефіцієнт, що залежить від характеру навантаження та роду кріплення бандажа. Зазвичай $A = 0,07$ – $0,09$.

Далі знаходять максимальну напругу вигину:

$$\sigma_{\text{виг}} = \frac{M}{W}, \text{ Па}$$

де W – момент опору, рівний прямокутного перерізу:

$$W = \frac{bh^2}{6}, \text{ м}^3$$

Відношення h/b для цільнокованих бандажів приймають від 1/1 до 1/2,6.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

Діаметр опорних роликів береться в 3–4 рази менше від зовнішнього діаметра бандажа, тобто:

$$d = \frac{D_{\text{б}}}{4} \div \frac{D_{\text{б}}}{3}, \text{ м}$$

Ролики виготовляються з менш міцного матеріалу, ніж бандаж. У відповідальних випадках ролики роблять сталевими, а зазвичай їх відливають із сірого чавуну і потім обточують.

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів

Барабанні апарати, що обертаються, складаються з наступних частин і пристроїв (рис. 1.4). Основною частиною є барабан, габаритні розміри якого визначаються необхідною величиною реакційного чи робочого простору. У середині барабан буває порожнім або з насадками для переміщення та пересипання матеріалу або з ланцюгами для збільшення теплопередачі та подрібнення матеріалу.

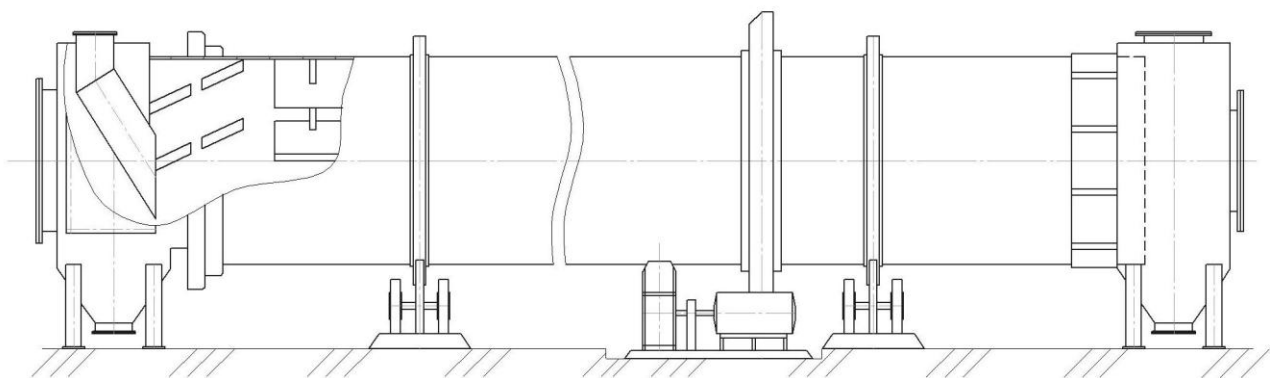


Рисунок 1.4 – Схема барабанної сушарки

Барабан забезпечений бандажами, що передають навантаження від ваги барабана, заповненого матеріалом, на ролики опорних станцій. На одній із опорних станцій робляться пристрої для попередження осьового

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

переміщення барабана. На барабані закріплено вінець для приведення його в обертання. Із вінцем пов'язана шестерня, що сидить на валу редуктора, яка разом із двигуном утворює приводну секцію.

По кінцях барабана встановлюють камери для завантаження та вивантаження матеріалу, а також для відведення та підведення газу. Іноді замість камер встановлюють так звані головки, що являють собою рухомі камери, що притискаються до барабана. Зазор між барабаном, що обертається, і нерухомими камерами або головками ущільнюється спеціальними пристроями – лабіринтними, радіальними або торцевими ущільненнями. Біля одного з кінців барабана встановлюється пристрій живлення, а з іншого – розвантажувальний пристрій для введення та виведення з апарату оброблюваного матеріалу.

Барабани виготовляються з вуглецевих сталей, якщо агресивність середовищ не викликає необхідності застосування легованих сталей. Обичайки барабанів виготовляються звареними. Зварювання стикове, проводиться автоматично під шаром флюсу, для товстих листів – двостороння, для листів товщиною до 20 мм – одностороння з підваркою.

Барабани, що працюють у важких умовах за температурою, наприклад барабани сушарок для кальцинованої соди, температура стінок яких доходить до 300°, іноді роблять цільнокованими або звареними горновим зварюванням з подальшим проковуванням шва.

Товщина листів для виготовлення барабанів береться не менше ніж 10 мм, а у великих цементних печах доходить до 40–50 мм.

Барабани великого діаметра, особливо, що працюють при високих температурах і навантажені не лише власною вагою, але й вагою футерування, посилюються кільцями жорсткості, які сприяють збереженню форми поперечного перерізу. Виготовляються кільця з вуглецевої сталі завтовшки 20–30 мм і висотою 120–150 мм і приварюються до барабана. Кільця, що посилюють, не повинні перекривати поперечні шви. Відстань між кільцями жорсткості береться 2–3 м. У корпусі можуть бути влаштовані лази

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

для подачі та виїмки цегли футеровки, люки для відбору проб, бобишки для установки дутьових форсунок і т. д.

Бандажі служать передачі навантаження від ваги всіх обертових частин апарату на опорні ролики. Вони є кільцями прямокутного, квадратного або коробчатого перерізу, що виготовляються з якісної вуглецевої сталі.

Існує кілька способів кріплення бандажів до барабанів. Найчастіше застосовується вільне кріплення бандажів. Останні надягають на 20–24 чавунні башмаки (рис. 1.6), навернуті головками в різні боки для запобігання аксіального зміщення бандажу.

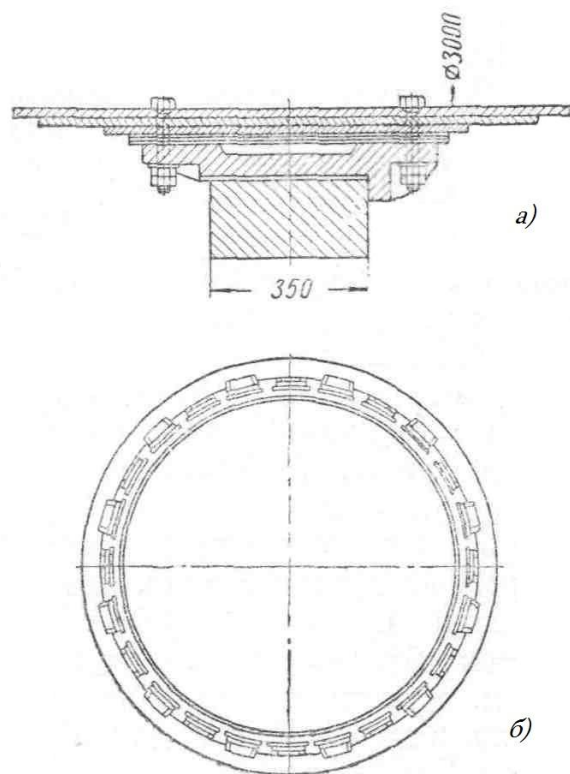


Рисунок 1.6 – Підсилювальні підкладки та встановлення чавунних черевиків

Під черевики підкладаються підсилююча і одна-дві регулюючі підкладки. Підбором товщини регулюючих підкладок досягається поєднання центрів барабана та бандажу. Бандажі кріпляться до барабана болтами з простими або потайними головками, розміщеними з внутрішньої сторони барабана.

У сучасних конструкціях застосовуються черевики, відлиті зі сталі, які приварюються до регулюючих підкладок, які у свою чергу приварені до кільця, що підсилює. Така конструкція проста, але дуже ускладнює зміну бандажу (рис. 1.7).

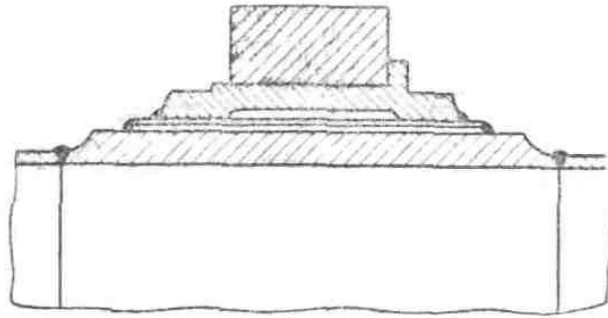


Рисунок 1.7 – Установка кільця та приварювання до нього черевиків

При вільній посадці бандажів на барабани необхідно передбачати температурні зазори, інакше в стінках барабана виникнуть крайові напруги, які можуть викликати фарбування футеровки.

Розмір зазначеного зазору береться щонайменше $\delta = \alpha \cdot \Delta t \cdot D$, де α – коефіцієнт температурного розширення, а Δt – різниця між температурою стінки під час монтажу барабана та робочою температурою стінки.

Ролики опорних станцій сприймають навантаження від ваги всіх обертових частин. Підшипники роликів влаштовуються так, щоб забезпечити можливість переміщення роликів у напрямку перпендикулярному до осі барабана, так і повертання навколо вертикальної осі обертання.

Передача крутного моменту від двигуна через редуктор до барабана здійснюється, як правило, за допомогою малої шестерні, що сидить на вихідному валу редуктора, до основної, так званої вінцевої шестерні, змонтованої на барабані. Вона є дуже відповідальною деталлю, що працює при високих напругах, і важить до 15 тонн. Тому, якщо вінцеві шестерні малих і середніх барабанів, що обертаються, виготовляються з чавуну і забезпечуються литими зубами, то шестерні важких барабанів робляться зі

сталі і зубці їх фрезеруються. Модулі у великих шестернях досягають 50. Шестерні відливаються з двох половин, що з'єднуються призонними болтами, або стяжними кільцями.

Відомі два види кріплення вінцевої шестерні до барабана: жорстке та гнучке кріплення. Останнє здійснюється у двох варіантах: кріплення на тангенціальних пружинах та на поздовжніх пружинах.

Жорстко кріпляться шестерні холодних барабанів, температура яких під час роботи змінюється незначним чином. У сушильних барабанах та печах робоча температура перевищує температуру монтажу, що викликає необхідність гнучкого кріплення. Основна вимога до таких гнучких з'єднань полягає в тому, щоб вони, не перешкоджаючи тепловому розширенню барабана, забезпечували збереження співвісності барабана та вінця.

Кріплення вінцевої шестерні за допомогою плоских тангенціальних пружин зображено на рис. 1.8. Воно досить еластичне і працює добре, але ускладнює центрування шестерні. У другій конструкції (рис. 1.9) плоскі пружини розташовані вздовж осі.

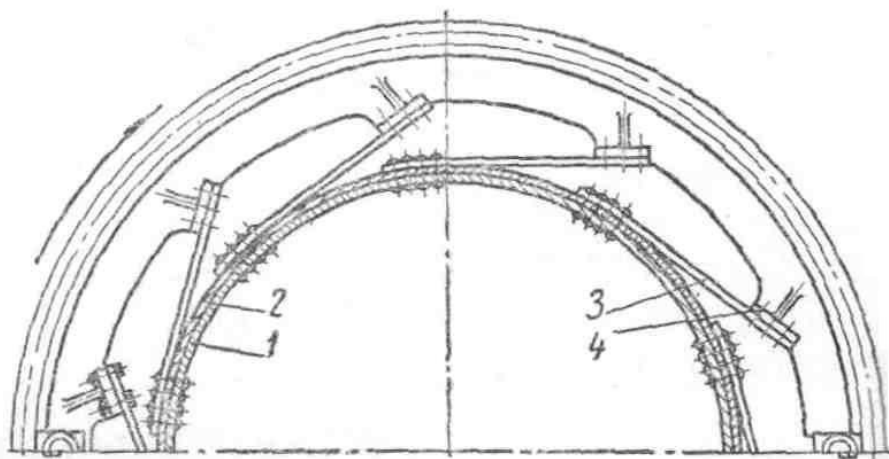


Рисунок 1.8 – Кріплення вінцевої шестерні до барабана тангенціальними пружинами: 1 – барабан; 2 – пояс жорсткості; 3 – плоска пружина; 4 – лапа шестерні

Механічні властивості і хімічний склад сталі 20 наведено відповідно в табл. 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 20 при температурі 20°C [10]

Стан поставки	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	Ψ (%)	НВ (не більше)
Сталь калібрована:				
– гарячекатана, кована, другої категорії після нормалізації	410	25	55	
– п'ятої категорії після нагартування	490	7	40	
– п'ятої категорії після відпалення	390	21	50	
Сталь калібрована і калібрована зі спеціальною обробкою:				
– після відпалення	390–490	7	50	163
– після сфероїдізуючого відпалення	340–440		50	163
– загартування без термообробки	490		40	207
Смуги нормалізовані або гарячекатані	410	25	55	
Лист тепло обробний першої та другої категорій	340–490	28		127

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 20 [10]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,17– 0,24	0,17– 0,37	0,35– 0,65	до 0,25	до 0,04	до 0,04	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~98

Пароніт – листовий матеріал прокладки, виготовлений пресуванням асбокаучукової маси, що складається з азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів. Застосовується для ущільнення з'єднань.

					XI.C.00.00.00 ПЗ				Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					22

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Технологічні розрахунки

Технологічний розрахунок процесу сушіння бікарбонату амонію проводимо у відповідності з методикою [11]. У якості палива використовуються топкові газу наступного складу (% об.): 92,0 – CH₄; 0,5 – C₂H₂; 5 – H₂; 1 – CO; 1,5 – N₂.

Теоретична кількість сухого повітря L₀, що витрачається на спалювання 1 кг палива, дорівнює:

$$L_0 = 138 (0,0179 \text{ CO} + 0,24 \text{ H}_2 + \sum(m+(n/4) \text{ C}_m\text{H}_n)/(12 m + n),$$

де складу горючих газів виражені в об'ємних частках. Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$L_0 = 138 * [(0,0179 * 0,01 + 0,24 * 0,09 + (1 + (4/4) * 0,92)/(12 * 1 + 4) + (2 + (6/4) * 0,05)/(12 * 2 + 6)] = 17,68 \text{ кг/кг.}$$

Для визначення теплоти згорання палива скористаємося характеристиками горіння простих газів (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Горіння простих газів

Газ	Реакція	Тепловий ефект реакції, кДж
Водень	$\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$	10810
Оксид вуглеводу	$\text{CO} + 0,5 \text{O}_2 = \text{CO}_2$	12680
Метан	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	35741
Ацетилен	$\text{C}_2\text{H}_2 + 2,5\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	58052
Етилен	$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	59108
Етан	$\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	63797
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	91321
Бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10} + 6\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$	118736
Сірководень	$\text{H}_2\text{S} + 1,5\text{O}_2 = \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	23401

Кількість тепла Q_v , що виділяється при спалюванні 1 м^3 газу, дорівнює:

$$Q_v = 0,92 \cdot 35741 + 0,005 \cdot 63797 + 0,05 \cdot 10810 + 0,01 \cdot 12680 = 33868 \text{ кДж}/(\text{м}^3\text{T}).$$

Густина газоподібного палива ρ_T :

$$\rho_T = \frac{\sum C_m H_n M_i}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_T}$$

де M_i – мольна маса палива, кмоль/кг;

t_T – температура палива, рівна 20°C ;

v_0 – мольний об'єм, рівний $22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

Підставивши, отримаємо:

$$\rho_T = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,05 \cdot 2 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28)273}{22,4(273 + 20)} = 0,65 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива:

$$Q = Q_v / \rho_T = 33868 / 0,652 = 51945 \text{ кДж}/\text{кг}.$$

Маса сухого газу, що подається в сушильний барабан, в розрахунку на 1 кг спалюваного палива визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря α , необхідного для спалювання палива і розведення топкових газів до температури суміші $t_{cm} = 120^\circ\text{C}$.

Значення α знаходимо з рівнянь матеріального і теплового балансів. Рівняння матеріального балансу:

$$1 + L_0 = L_{c.g} + \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

де $L_{c.g}$ – маса сухих газів, що утворюються при згорянні 1 кг палива;
 $C_m H_n$ – масова частка компонентів, при згорянні яких утворюється вода,
 кг/кг.

Рівняння теплового балансу:

$$Q\eta + c_T t_T + \alpha L_0 I_0 = [L_{c.g} + L_0(\alpha - 1)]i_{c.g} + \left[\alpha L_0 x_0 + \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n \right] i_n$$

де η – загальний коефіцієнт корисної дії, що враховує ефективність роботи топки (повноту згорання палива і т. д.) і втрати тепла топкою в навколишнє середовище, що приймається рівним 0,95;

c_T – теплоємність газоподібного палива при температурі $t_T = 20$ °С, рівна 1,34 кДж/(кг*К);

I_0 – ентальпія свіжого повітря, кДж/кг;

$i_{c.g}$ – ентальпія сухих газів, кДж/кг;

$i_{c.g} = c_{c.g} * t_{c.g}$; $c_{c.g}$, $t_{c.g}$ – відповідно теплоємність і температура сухих газів: $c_{c.g} = 1,05$ кДж/(кг*К), $t_{c.g} = 120$ °С;

x_0 – вологовміст свіжого повітря, кг/кг сухого повітря, при температурі $t_0 = 8,61$ °С і відносній вологості $\phi_0 = 85,82$ %;

i_n – ентальпія водяної пари, кДж/кг; $i_n = \Gamma_0 + c_n * t_n$;

Γ_0 – теплота випаровування води при температурі 0 °С, рівна 2500 кДж/кг;

c_n – середня теплоємність водяної пари, рівна 1,62 кДж/(кг*к);

t_n – температура водяної пари; $t_n = t_{c.g} = t_{cm} = 120$ °С.

Вирішуючи спільно рівняння, отримаємо:

$$Q\eta + c_T t_T - i_{c.g} \left(1 - \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n \right) - \alpha = \frac{-i_n \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n}{L_0 (i_{c.g} + i_0 x_0 - I_0)}$$

Перерахуємо компоненти палива, при згорянні яких утворюється вода, з об'ємних часток в масові.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$\text{CH}_4 = 0,92 \cdot 16 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,939;$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 = 0,005 \cdot 30 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,0096;$$

$$\text{H}_2 = 0,05 \cdot 2 \cdot 273 / [22,4 \cdot 0,652(273 + 20)] = 0,0064.$$

Кількість вологи, що виділяється при згорянні 1 кг палива, дорівнює:

$$\begin{aligned} & \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n = \\ & = \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,939 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,0096 + 0,0064 = 2,19 \text{ кг/кг} \end{aligned}$$

Коефіцієнт надлишку повітря знаходимо за рівнянням:

$$\alpha = \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 - 1,05 \cdot 200(1 - 2,19) - (2500 + 1,62 \cdot 120)2,19}{17,68(1,05 \cdot 120 + (2500 + 1,62 \cdot 120)0,0092 - 41,9)} = 22,7$$

Загальна питома маса сухих газів, одержуваних при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури суміші 120°C, дорівнює:

$$G_{с.г} = 1 + \alpha L_0 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n$$

$$G_{с.г} = 1 + 22,7 \cdot 17,68 - 2,19 = 400,6 \text{ кг/кг}$$

Питома маса водяної пари в газовій суміші при спалюванні 1 кг палива:

$$G_{п} = \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n - \alpha x_0 L_0$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$G_{\text{п}} = 2,19 + 22,7 \cdot 0,0092 \cdot 17,68 = 5,89 \text{ кг / кг}$$

Вологовміст газів на вході в сушарку ($x_1 = x_{\text{см}}$) на 1 кг сухого повітря дорівнює:

$$x_1 = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{с.г}}}$$

$$x_1 = \frac{5,89}{400,6} = 0,01 \text{ кг / кг}$$

Ентальпія газів на вході в сушарку:

$$I_1 = \frac{Q\eta + c_{\text{T}}t_{\text{T}} + \alpha L_0 I_0}{G_{\text{с.г}}}$$

$$I_1 = \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 + 22,7 \cdot 17,68 \cdot 41,9}{400,6} = 165,3 \text{ кДж}$$

Оскільки коефіцієнт надлишку повітря α великий, фізичні властивості газової суміші, використовуваної в якості сушильного агента, практично не відрізняються від фізичних властивостей повітря. Це дає можливість використовувати в розрахунках діаграму стану вологого повітря І-х.

Матеріальний баланс сушильної установки.

Переведемо продуктивність в кг/с:

$$G_{\text{п}} = \frac{10000}{3600} = 2,78 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Продуктивність сушарки по висушеному матеріалу:

$$G_{\text{к}} = G_{\text{п}} \frac{100 - u_{\text{п}}}{100 - u_{\text{к}}} = 2,78 \cdot \frac{100 - 5}{100 - 0,5} = 2,65 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де G_k – продуктивність сушарки по висушеному матеріалу, кг/с;

G_{Π} – продуктивність сушарки по вологому матеріалу, кг/с;

u_{Π} – початкова вологість матеріалу, % мас.;

u_k – кінцева вологість матеріалу, % мас.

Кількість випаровуваної вологи:

$$W = 2,78 - 2,65 = 0,13 \text{ кг/с}$$

де W – витрата вологи, кг/с.

Теплові (енергетичні) баланси і розрахунки.

Рівняння внутрішнього теплового балансу сушарки:

$$\Delta = c_v * \theta_n - (q_m + q_v) = 4,19 * 20 - (101 + 15,15) = -32,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

де c_v – теплоємність води (вологи) в матеріалі, $c_v = 4,19$ кДж/(кг * К);

θ_n – температура вологого матеріалу;

q_m – питоме підведення тепла з висушуванням матеріалом, кДж / кг вологи;

q_v – питомі втрати тепла в навколишнє середовище, кДж / кг вологи.

Питоме підведення тепла в сушильний барабан з висушуванням матеріалом дорівнює:

$$q_m = \frac{G_k * c_m * (\theta_k - \theta_{\Pi})}{W} = \frac{2,65 * 0,196 * (45 - 20)}{0,13} = 101 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

де c_m – теплоємність висушуваного матеріалу, $c_m = 0,96$ кДж/(кг * К);

θ_k і θ_{Π} – температури вологого і висушеного матеріалу;

G_k – маса висушеного матеріалу, кг/с.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

Питомі втрати тепла в навколишнє середовище прийmemo рівними 15 % від витрат теплоти на нагрівання висушеного матеріалу до кінцевої температури матеріалу, тобто.

$$q_{\text{в}} = 0,15 \cdot q_{\text{м}} = 0,15 \cdot 101 = 15,15 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

Запишемо рівняння робочої лінії процесу сушіння:

$$I = I_1 + \Delta * (x - x_1) = I_1 - 32,3 * (x - x_1) \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

По I-D-діаграмі станів вологого повітря за відомими параметрами навколишнього повітря $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ і $\phi_0 = 50\%$ знаходимо вологовміст $x_0 = x_1$ і ентальпію I_1 свіжого повітря.

$x = 0,04 \text{ кг}$ – взяли довільно; $x_0 = x_1 = 0,005 \text{ кг/кг}$; $I_1 = 140,26 \text{ кДж/кг}$;
 $x_2 = 0,0225 \text{ кг/кг}$; $I_2 = 131,89 \text{ кДж/кг}$.

Витрата сухого повітря на сушку:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} = \frac{0,13}{0,0255 - 0,005} = 5,91 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Середня температура повітря в сушарці:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{120 + 60}{2} = 90^\circ\text{C}$$

Середній вологовміст повітря в сушарці:

$$x_{\text{ср}} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{0,005 + 0,0225}{2} = 0,0115 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

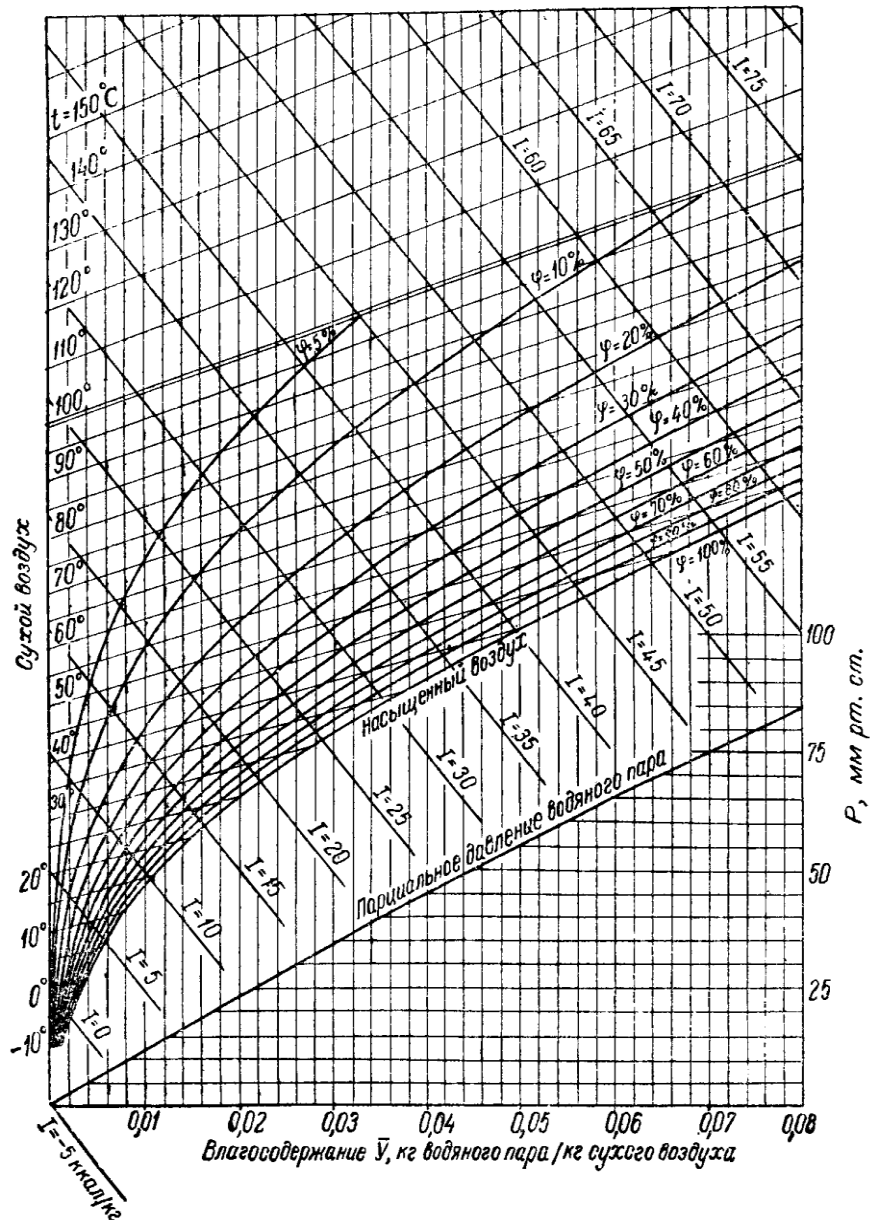


Рисунок 2.1 – I-D-діаграма станів вологого повітря

Середня густина сухого повітря:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{M_{\text{св}}}{V_{\text{м}}} * \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}} = \frac{29}{22,4} * \frac{273}{273 + 90} = 0,97 \text{ кг/м}^3,$$

де $M_{\text{св}}$ – молярна маса повітря, $M_{\text{св}} = 29$ г/моль;

$V_{\text{м}}$ – молярний об'єм, $V_{\text{м}} = 22,4$ л/моль;

T_0 – температура, $T_0 = 273$ К.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Середня густина водяної пари:

$$\rho_{\text{вп}} = \frac{M_{\text{в}}}{V_{\text{м}}} * \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{сп}}} = \frac{18}{22,4} * \frac{273}{273 + 90} = 0,60 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

де $M_{\text{в}}$ – молярна маса води, $M_{\text{в}} = 18$ г/моль.

Середня об'ємна продуктивність за повітрям:

$$V = \frac{L}{\rho_{\text{св}}} + \frac{x_{\text{сп}} * L}{\rho_{\text{вп}}} = \frac{5,91}{0,97} + \frac{0,0115 * 5,91}{0,60} = 6,18 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Визначаємо об'єм барабана, $V_{\text{б}}$, за формулою:

$$V_{\text{б}} = \frac{W}{A}$$

де A – напруга барабана за вологою; приймаємо $A = 20$ кг/(м³·год.);

W – кількість вологи, що випаровується в сушарці, кг/год.

$$V_{\text{б}} = \frac{0,13 \cdot 3600}{20} = 23,4 \text{ м}^3$$

Відношення довжини барабана до його діаметру зазвичай приймається $L_{\text{б}} : D_{\text{б}} = 5 \div 7$.

Беручи відношення довжини барабана до його діаметру $L_{\text{б}} : D_{\text{б}} = 6$, визначаємо діаметр барабана $D_{\text{б}}$:

$$V_{\text{б}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{б}}^2}{4} \cdot L_{\text{б}} = 0,785 \cdot D_{\text{б}}^2 \cdot 6D_{\text{б}} = 4,71 \cdot D_{\text{б}}^3, \text{ м}^3$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

Звідки:

$$D_{\delta} = \sqrt[3]{\frac{V_{\delta}}{4,71}} = \sqrt[3]{\frac{23,4}{4,71}} = 1,706 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр барабана $D_{\delta} = 2 \text{ м}$.

Зовнішній діаметр барабана:

$$D_H = D_{\delta} + 2b, \text{ м}$$

де b – товщина стінки барабана, м; $b = 0,005 \text{ м}$. Тоді:

$$D_H = 2 + 2 \cdot 0,005 = 2,01 \text{ м}$$

Уточнюємо об'єм барабана:

$$V_{\delta} = 4,71 \cdot D_{\delta}^3 = 4,71 \cdot 2^3 = 37,7 \text{ м}^3$$

Площа його перетину:

$$F_{\delta} = 0,785 \cdot D_{\delta}^2, \text{ м}^2$$

$$F_{\delta} = 0,782 \cdot 2^2 = 6,26 \text{ м}^2$$

Довжина барабана, L_{δ} , становить:

$$L_{\delta} = \frac{V_{\delta}}{F_{\delta}}, \text{ м}$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$L_{\delta} = \frac{37,7}{6,26} = 6.02 \text{ м}$$

Приймаємо $L_{\delta} = 6 \text{ м}$.

Знаходимо середню масу матеріалу, що проходить через барабан, $G_{\text{ср}}$:

$$G_{\text{ср}} = \frac{G_1 + G_2}{2}, \text{ кг/с}$$

$$G_{\text{ср}} = \frac{2,78 + 2,65}{2} = 2,72 \text{ кг/с}$$

Визначаємо час перебування матеріалу в барабані, τ :

$$\tau = \frac{V_{\delta} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot \psi}{G_{\text{ср}}}, \text{ с}$$

де $\rho_{\text{н}}$ – насипна щільність матеріалу, кг/м^3 ; $\rho_{\text{н}} = 860 \text{ кг/м}^3$;

ψ – ступінь заповнення барабана; $\psi = 0,1 \div 0,25$.

Приймаємо $\psi = 0,2$, тоді:

$$\tau = \frac{37,7 \cdot 860 \cdot 0,2}{2,72} = 2387 \text{ с}$$

Кут нахилу барабана до горизонту, α , не повинен перевищувати 6° .

Приймаємо кут нахилу $\alpha = 3^{\circ}$ ($\text{tg}\alpha = 0,052$) і визначаємо число обертів барабана, n , за формулою:

$$n = \frac{L_{\delta}}{a \cdot \tau \cdot D_{\delta} \cdot \text{tg}\alpha}, \text{ 1/с}$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

де a – коефіцієнт, що залежить від виду насадки і діаметра барабана (табл. 1.3).

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнта a у залежності від виду насадки і діаметра барабана

Насадка	Значення a при діаметрі барабану, мм				
	1200	1600	2000	2400	2800
Підйомно-лопатєва	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Полична	0,6	0,5	0,43	0,375	0,336
Секторна з 4 секторами	0,741	0,737	0,739	0,739	0,715
Секторна з 5 секторами	0,95	0,937	0,935	0,936	0,911
Осередкова	0,656	0,437	0,332	0,328	0,325

$$n = \frac{6}{1.2 \cdot 2387 \cdot 2 \cdot 0.052} = 0.022 \text{ 1/с}$$

Таблиця 2.3 – Значення σ у залежності від виду насадки і ступеня заповнення барабана

Насадка	Значення σ при ступені заповнення барабана			
	0,1	0,15	0,2	0,25
Підйомно-лопатєва	0,038	0,053	0,063	0,071
Полична	0,013	0,026	0,038	0,044
Осередкова	0,006	0,008	0,01	0,011

Потужність, споживана на обертання барабана, N :

$$N = 0,078 \cdot D_6^3 \cdot L_6 \cdot \rho_H \cdot \sigma \cdot n, \text{ кВт}$$

де n – число обертів барабана, с;

σ – коефіцієнт, що залежить від виду насадки і ступеня заповнення барабана (див. табл. 2.3). Приймаємо $\sigma = 0,063$.

$$N = 0,078 \cdot 2^3 \cdot 6 \cdot 860 \cdot 0,063 \cdot 0,022 = 2,278 \text{ кВт}$$

2.3 Гідравлічний опір апарата

У цьому підрозділі визначаємо гідравлічний опір сушильного барабана за методикою, що представлена у [12]. Густина і динамічна в'язкість газів при усередненій температурі відповідно дорівнюють: $\rho_{\text{Гсер}} = 0,7 \text{ кг/м}^3$; $\mu_{\text{Гсер}} = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

За прийнятим коефіцієнтом заповнення барабана $\psi = 0,15$ відносний вільний перетин барабана складе $\varphi = 0,85$.

Еквівалентний діаметр барабана для секторної насадки:

$$D_E = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{\pi + Z},$$

де Z – відношення довжини барабана до його внутрішнього діаметра;

$$D_E = \frac{3,14 \cdot 2,0 \cdot 0,85}{3,14 + 3} = 0,87 \text{ м.}$$

Критерій Рейнольдса для частинок розміром $\delta_{\text{СЕР}} = 0,8 \text{ мм}$.

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot \delta_{\text{СЕР}} \cdot \rho_{\text{Гсер}}}{\mu_{\text{Гсер}}};$$

$$\text{Re} = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7}{1,4 \cdot 10^{-5}} = 160.$$

За рисунком [12] визначаємо як для гладкої труби: $\lambda_B = 2,0$.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таким чином, опір барабана (без урахування матеріалу):

$$\Delta P_B = \lambda_B \cdot \frac{L}{D_E} \cdot \omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\Gamma_{сер}};$$

$$\Delta P_B = 2 \cdot \frac{6}{0,087} \cdot 4^2 \cdot 0,7 = 154 \text{ Па.}$$

Відносна масова концентрація матеріалу:

$$y = \frac{G_1 + (G_1 - W)}{2} \cdot G_C \cdot X_K;$$

$$y = \frac{10000 + (10000 - 468)}{2 \cdot 3600} \cdot 5,91 \cdot 0,25 = 4 \text{ кг/кг.}$$

Опір сушильного барабана при $k = 1,5$ [12]:

$$\Delta P = \Delta P_B \cdot (1 + k \cdot y);$$

$$\Delta P = 154 \cdot (1 + 1,5 \cdot 4) = 1078 \text{ Па.}$$

За літературними даними [12] опір барабанної сушарки знаходиться у діапазоні 500–1200 Па при швидкості сушильного агента 1–5 м/с і заповненні барабану до 20 %.

2.4 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок циклону [13]. У якості першого ступеня очищення приймаємо циклонний пиловловлювач (див. схему рис. 1.1). Із усього різноманіття конструкцій вибираємо найбільш ефективний тип циклонів ЦН-15.

Визначаємо діаметр циклону за умовною швидкістю газу w_y за формулою:

$$D_y = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_y}},$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

де $V = 5,5 \text{ м}^3/\text{с}$ – об’ємна витрата газів.

Величину w_y визначимо, виходячи зі значення співвідношення перепаду тиску ΔP (в $\text{Н}/\text{м}^2$) до густини газу ρ_t (в $\text{кг}/\text{м}^3$), яким попередньо задаємося. Для циклонів ЦН-15 це співвідношення знаходиться в межах 550–750 [13]. Прийmemo $\Delta P / \rho_t = 750$. Коефіцієнт опору циклону $\xi = 160$ [13].

Тоді:

$$w_y = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\xi \cdot \rho_t}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 750}{160 \cdot 1,06}} = 2,97 \text{ м/с.}$$

де ρ_t – густина газів на виході з сушарки при $t_2 = 60^\circ\text{C}$ за формулою:

$$\rho_t = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 60} = 1,06 \text{ кг/м}^3.$$

Діаметр циклону за формулою (2.34):

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{5,5}{0,785 \cdot 2,97}} = 1,54 \text{ м.}$$

Приймаємо 2 стандартизованих циклони із діаметром 800 мм.

Коефіцієнт гідравлічного опору циклону визначаємо за формулою:

$$\xi_{\text{ц}}^{\text{зп}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{800}^{\text{с}},$$

де $K_1 = 1$ – поправковий коефіцієнт на діаметр циклону;

$K_2 = 0,85$ – коефіцієнт на запиленість газу;

$\xi_{800}^{\text{с}} = 200$ – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 800 мм.

$$\xi_{\text{ц}}^{\text{зп}} = 1 \cdot 0,85 \cdot 200 = 170.$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір вибраного циклону становить:

$$\Delta P = \frac{\xi_{\text{ц}}^{\text{сп}} \cdot \rho_t \cdot w_y^2}{2};$$

$$\Delta P = \frac{170 \cdot 1,06 \cdot 2,97^2}{2} = 795 \text{ Па.}$$

Приймаємо за каталогом циклон одиночного виконання ЦН-15-800×2УП з камерою очищеного газу у вигляді «равлика» і пірамідальним бункером. Продуктивність такого циклону 9000–12000 м³/год.

Розрахунок рукавного фільтру [13]. Розрахунок рукавного фільтру зводиться до визначення мінімальної поверхні фільтрації за рівнянням:

$$F = \frac{V}{V_{\text{num}}^0},$$

де $V = 5,5 \text{ м}^3/\text{с}$ – об’ємна витрата газів;

V_{num}^0 – витрата запиленого газу за нормальних умов через 1 м² поверхні тканини; приймаємо $V_{\text{num}}^0 = 150 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год.})$.

Об’ємна витрата газу V_{num} при температурі 100°С становить:

$$V_{\text{num}} = \frac{V_{\text{num}}^0 \cdot \rho_0}{\rho_{60}},$$

де $\rho_0 = 1,293 \text{ кг}/\text{м}^3$ – густина повітря за нормальних умов;

ρ_{100} – густина повітря на вході в рукавний фільтр.

$$V_{\text{num}} = \frac{V_{\text{num}}^0 \cdot \rho_0}{\rho_{60}} = \frac{150 \cdot 1,293}{1,06} = 183 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год.}).$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Таким чином, використовуємо фільтр рукавний каркасний з імпульсною продувкою марки ФРКИ-360-П8-3-3 з активною поверхнею фільтрації до 360 м²: число рукавів – 288; висота рукава – 3 м; число секцій – 8; габаритні розміри 5750×4210×5355 мм.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

Розрахунки барабанної сушарки на міцність виконуємо у відповідності до методики [14].

Маса матеріалу, який знаходиться в сушарці:

$$m_M = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_\phi^2}{4}, \quad (3.1)$$

де ρ – щільність бікарбонату амонію; $\rho = 1590 \text{ кг/м}^3$;

$$D_\phi = D - 2 \cdot \delta_\phi = 2000 - 2 \cdot 150 = 1700 \text{ мм};$$

$$m_M = \frac{0,15 \cdot 1590 \cdot 6 \cdot 3,14 \cdot 1,7^2}{4} = 3250 \text{ кг.}$$

Маса барабана з футеровкою:

$$m_B = \frac{\pi \cdot (D_H^2 - D^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_M + \frac{\pi \cdot (D^2 - D_\phi^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_\phi, \quad (3.2)$$

де $D_H = D + 2 \cdot \delta = 2000 + 2 \cdot 5 = 2010 \text{ мм}$;

$\rho_\phi = 2200 \text{ кг/м}^3$ – щільність матеріалу футеровки;

$\rho_M = 7850 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_B = \frac{3,14 \cdot (2,01^2 - 2^2)}{4} \cdot 6 \cdot 7850 + \frac{3,14 \cdot (2^2 - 1,7^2)}{4} \cdot 6 \cdot 2200 = 12980 \text{ кг.}$$

Сумарна маса барабана і матеріалу:

$$m = m_B + m_M; \quad (3.3)$$

$$m = 12980 + 3250 = 16230 \text{ кг.}$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Лінійна напруга (рис. 3.1):

$$q = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{16230 \cdot 9,81}{6} = 26536 \text{ Н/м.} \quad (3.4)$$

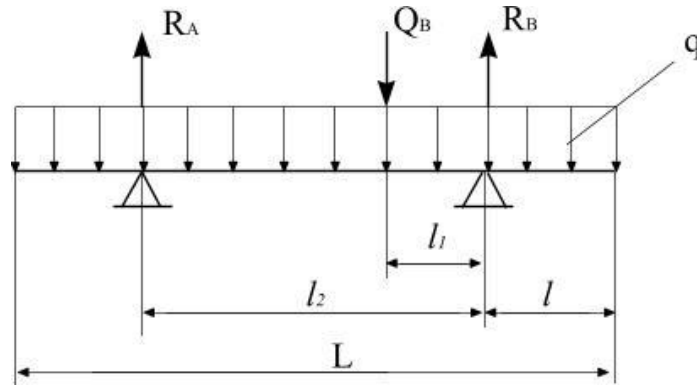


Рисунок 3.1 – Схема до визначення товщини стінки бандажа

Реакція на опорах:

$$R_A = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot l_1}{l_2}, \quad (3.5)$$

$$\text{де } l_2 = 0,585 \cdot L = 0,585 \cdot 6 = 3,51 \text{ м;}$$

$$l = 0,205 \cdot L = 0,205 \cdot 6 = 1,23 \text{ м;}$$

$$l_1 = 0,09 \cdot L = 0,09 \cdot 6 = 0,54 \text{ м;}$$

$Q_B = 20900 \text{ Н}$ – навантаження від венцової шестерні [14].

$$R_A = \frac{26536 \cdot 6}{2} + \frac{20900 \cdot 0,54}{3,51} = 82823 \text{ Н;}$$

$$R_B = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot (l_2 - l_1)}{l_2} = \frac{26536 \cdot 6}{2} + \frac{20900 \cdot (3,51 - 0,54)}{3,51} = 97293 \text{ Н.} \quad (3.6)$$

Максимальний згинальний момент, що діє на барабан:

$$M_{\max} = q \cdot L \cdot \frac{(2 \cdot l_2 - L)}{8} + Q_B \cdot \frac{(l_2 - l_1) \cdot l_1}{l_2}; \quad (3.7)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\max} = 26536 \cdot 6 \cdot \frac{(2 \cdot 3,51 - 6)}{8} + 20900 \cdot \frac{(3,51 - 0,54) \cdot 0,54}{3,51} = 21255 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору перетину корпусу барабана:

$$W = \frac{\delta \cdot \pi \cdot D_{\text{СЕР}}^2}{4}, \quad (3.8)$$

$$\text{де } D_{\text{СЕР}} = \frac{(D_H + D_\Phi)}{2} = \frac{(2010 + 1700)}{2} = 1855 \text{ мм}.$$

$$W = \frac{\delta \cdot \pi \cdot D_{\text{СЕР}}^2}{4} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 1,855^2}{4} = 0,014 \text{ м}^3.$$

Напруження в корпусі барабану:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{21255}{0,014} = 1,5 \text{ МПа}. \quad (3.9)$$

Допустиме напруження для апаратів з футеровкою $[\sigma] = 20 \text{ МПа}$ [14].

$\sigma \leq [\sigma]$ ($1,5 \text{ МПа} < 20 \text{ МПа}$) – умова міцності виконується.

Розрахунок барабана на жорсткість.

Лінійне навантаження від маси оброблюваного матеріалу:

$$q_1 = \frac{g \cdot m_M}{L} = \frac{9,81 \cdot 3250}{6} = 5314 \text{ Н/м}. \quad (3.10)$$

Лінійне навантаження від маси барабана:

$$q_2 = \frac{g \cdot m_B}{L} = \frac{9,81 \cdot 12980}{6} = 21222 \text{ Н/м}. \quad (3.11)$$

Момент інерції одиночного кільця барабана:

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_x = \frac{\delta^3}{12} = \frac{(5 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 1,04 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3. \quad (3.12)$$

Сумарний прогин від чинного напруги:

$$y_{\max} = \frac{D_{\text{СЕР}}^3}{8 \cdot E \cdot I_x} \cdot (0,04 \cdot q_1 + 0,002 \cdot q_2), \quad (3.13)$$

де $E = 1,87 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності.

$$y_{\max} = \frac{1,855^3}{8 \cdot 1,87 \cdot 10^{11} \cdot 2,3 \cdot 10^{-7}} \cdot (0,04 \cdot 5314 + 0,002 \cdot 21222) = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{y_{\max}}{D_{\text{СЕР}}} = \frac{4,7 \cdot 10^{-3}}{1,855} = 2,55 \cdot 10^{-3} = 1/392. \quad (3.14)$$

$\varepsilon \leq [\varepsilon]$ ($1/392 < 1/250$) – умова жорсткості виконується.

Геометричні розміри бандажа (рис. 3.2).

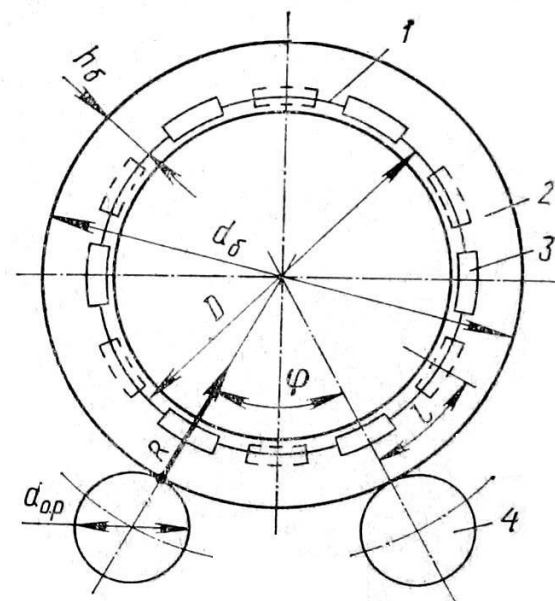


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку бандажа і опорних роликів

Ширину бандажа визначаємо за рівнянням:

$$b_{\sigma} = \frac{R}{q_n}, \quad (3.15)$$

де $q_n = (1,0 \div 2,4) \text{ МН} / \text{м}$ – допустиме навантаження, яке приходиться на одиницю довжини майданчика торкання ролика і бандажа [14];

R – реакція опори ролика, МН.

$$R = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha}{2 \cdot z \cdot \cos(\phi / 2)}, \quad (3.16)$$

де $\alpha = 3^\circ$ – кут нахилу барабана [14];

$\phi = 41^\circ$ – кут між опорними роликами [14];

$z = 1$ – кількість бандажів.

$$R = \frac{16230 \cdot 9,81 \cdot \cos 3^\circ}{2 \cdot 1 \cdot \cos(41^\circ / 2)} = 84874 \text{ Н} = 0,085 \text{ МН};$$

$$b_{\sigma} = \frac{0,085}{2,2} = 0,0386 \text{ м.}$$

Ширина опорного ролика $b_{o.p.}$ повинна бути більша за ширину бандажа на 30 мм.

$$b_{o.p.} = b_{\sigma} + 0,03 = 0,0386 + 0,03 = 0,0686 \text{ м.} \quad (3.17)$$

Діаметр опорних роликів $d_{o.p.}$ беруть в 3–4 рази меншим за зовнішній діаметр барабана:

$$d_{o.p.} = \frac{D_3}{4} = \frac{2,01}{4} = 0,5 \text{ м.} \quad (3.18)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова контактної міцності на зминання в місці торкання ролика і бандажа:

$$\sigma_{3M} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{R}{b_{\delta}} \cdot E \cdot \frac{r_{\delta} + r_{o.p.}}{r_{\delta} \cdot r_{o.p.}}} \leq [\sigma]_{3M}, \quad (3.19)$$

де r_{δ} – зовнішній радіус бандажа:

$$r_{\delta} = \frac{D_H + 2 \cdot h_{\delta}}{2} = \frac{2,01 + 2 \cdot 0,1}{2} = 1,105 \text{ м}; \quad (3.20)$$

$r_{o.p.}$ – зовнішній радіус опорного ролика.

$$\sigma_{3M} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,085}{0,0386} \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot \frac{1,105 + 0,25}{1,105 \cdot 0,25}} = 59,4 \text{ МН/м}^2;$$

$$\sigma_{3M} < [\sigma]_{3M} \quad (59,4 \text{ МПа} < 300 \text{ МПа}) \text{ – умова виконується.}$$

Далі виконаємо перевірку контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного ролика і бандажа.

Осьова сила, яку сприймають упорні ролики:

$$T = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{10^6}; \quad (3.21)$$

$$T = \frac{16230 \cdot 9,81 \cdot \sin 3^{\circ}}{10^6} = 8,33 \cdot 10^{-3} \text{ МН.}$$

Умова контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного конічного ролика і бандажа:

$$\sigma_3 = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot E}{b_{y.p.} \cdot r_{\delta} \cdot \sin(\frac{\gamma}{2})}} \leq [\sigma]_3, \quad (3.22)$$

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $b_{y.p.}$ – ширина упорного ролика, м; $b_{y.p.} = b_{o.p.} = 0,0686$ м;
 $\gamma = 17^\circ$ – кут конусності упорного ролика.

$$\sigma_3 = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{8,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1,87 \cdot 10^5}{0,0686 \cdot 1,105 \cdot \sin\left(\frac{17^\circ}{2}\right)}} = 15,6 \text{ МПа} < 30 \text{ МПа}.$$

Умова виконується.

Перевірка міцності бандажа на вигин.

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{\delta}}{W_{\delta}} \leq [\sigma]_{зг}, \quad (3.23)$$

де $M_{\delta} = R \cdot \ell / 4$ – максимальний згинальний момент в місці контакту опорного ролика і бандажа, МН·м;

ℓ – відстань між сусідніми башмаками:

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_3}{m}, \quad (3.24)$$

де $m = 16$ – загальна кількість башмаків [14].

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_B}{m} = \frac{3,14 \cdot 2,01}{16} = 0,394 \text{ м};$$

$$M_{\delta} = \frac{0,085 \cdot 10^6 \cdot 0,394}{4} = 8382 \text{ Н}.$$

W_{δ} – момент опору перерізу бандажа:

$$W_{\delta} = \frac{b_{\delta} \cdot h_{\delta}^2}{6}, \quad (3.25)$$

де $h_{\delta} = 0,1$ м – висота бандажа.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\sigma} = \frac{0,0386 \cdot 0,1^2}{6} = 6,43 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Тоді:

$$\sigma_{32} = \frac{8382}{6,43 \cdot 10^{-5}} = 130 \text{ МПа};$$

$\sigma_{32} \leq [\sigma]_{32}$ (130 МПа < 150 МПа) – умова виконується.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата [15, 16]

Вантажопідйомні машини є істотною складовою частиною більшості виробництв, оскільки вони відіграють дуже важливу роль в механізації технологічних процесів.

Сучасне кранобудування характеризується:

- вдосконаленням конструкцій;
- застосуванням нових матеріалів, методів і засобів виготовлення та контролю;
- впровадженням більш досконалих методів розрахунку;
- підвищенням надійності.

Пневматичні катки, дорожні крани, бульдозери та ін. із кожним роком усе більше застосовуються на будівництві. Їх головна перевага полягає у великій швидкості переміщення (до 60 км/год.). Особливо зручні пневмоколісні крани для роботи в міських умовах і на невеликих об'єктах, що віддалені один від одного.

Під час монтажу крупногабаритних об'єктів, а також для підйому великої кількості обладнання та металоконструкцій на значну висоту застосовують баштові крани марок КБ-100, С-981Б, МСК-5-20А та інші.

Більшість кранів може працювати як на виносних опорах, так і без них. Деякі можуть пересуватися з піднятим вантажем, що значно розширює сферу їх застосування.

На підставі проведених конструктивних розрахунків (розділ 2.2), ми монтуємо барабанну сушарку діаметром 2,2 м, довжиною барабана 14 м і загальною масою приблизно 40 тонн. Тобто нам необхідно похило встановити обертовий барабан, на який надіти два бандажа і зубчастий вінець. Бандажами барабан спирається на чотири ролика, які змонтовано на рамах. Два опорних ролика обмежують осьове зміщення корпусу барабана. На обох кінцях барабана є камери: в одній передбачено введення газів і завантаження

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

вологого матеріалу, а в іншій – розвантаження підсушеного продукту і відведення газів. Між камерами і барабаном роблять спеціальні ущільнення для запобігання підсосу повітря ззовні.

Перед монтажем апарат необхідно ретельно очистити від антикорозійного покриття. Для горизонтального обладнання, як в нашому випадку, що буде розміщено на нульовій позначці, фундаменти виконують у вигляді двох залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. Сушарка встановлюється на бетонний фундамент. Глибина залягання фундаменту не повинна бути менше 436 мм. Монтаж слід проводити по рамному рівню. Необхідна точність установки барабанної сушарки в обох напрямках 0,5 / 1000.

Після вивірки апарата фундаментні болти заливаються бетоном. Після затвердіння бетону слід затягнути гайки фундаментних болтів, перевіряючи стан апарата рівнем. Затягування гайок повинно проводитися рівномірно і плавно. Потім під раму барабана підливається цементний розчин і ведеться остаточна обробка фундаменту.

При обробці фундаменту необхідно передбачити закладання труб для підведення електроживлення до автоматичного вимикача і від автоматичного вимикача до барабану. Місце установки автоматичного вимикача вибирається таким чином, щоб він не заважав проведенню ремонтних робіт. Заземляють апарат до загальної системи заземлення.

Барабанна сушарка доставляється на монтажний майданчик у розібраному вигляді за допомогою тягача. Для приймання призначається відповідальна особа з числа ІТП, якій здійснює приймання деталей, що надійшли на об'єкт, і записує в журнал «Прийому і огляду обладнання». Готовність апарата під монтаж оформляють актом, підписаним представниками замовника монтажною організацією.

Після перевірки стану конструкції підписується акт «приймання – здачі обладнання». Після підписання акту, відповідальність за обладнання несе монтажна організація.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

Одним із найбільш поширених способів монтажу для масивного горизонтального обладнання є підйом пневмоколісними стріловидними самохідними кранами. Цей спосіб активно використовують, оскільки він не вимагає тривалих підготовчих робіт, а також є безпечним і зручним.

Монтаж починають із підйому апарата з вихідного горизонтального положення без відриву його від землі. Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апарата виконують тільки маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом в межах їх вантажної характеристики.

Після установки і вивірки апарата перевіряють надійність зачеплення зубчастої передачі. А після підключення барабанної сушарки до електромережі перевіряють коректність обертання барабана і можливість завантаження матеріалу в середину барабана.

4.2 Ремонт апарата [16]

Барабанна сушарка є дуже металомістким апаратом, а тому при його ремонті виконується великий обсяг монтажних робіт із застосуванням підйомно-транспортного обладнання, риштувань та помостів. Частина вузлів сушарки не може бути замінена за допомогою існуючих самохідних монтажних кранів через недостатню їх вантажопідйомність і закоротку довжину стріли. Це призводить до необхідності застосування при виконанні ремонтних робіт різноманітних такелажних пристроїв, щогл, порталів тощо. У той же час, застосування кранів замість щогл і порталів дозволяє підвищити продуктивність праці у 3–4 рази при одночасному значному скороченні термінів ремонту.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

Зовнішній огляд корпусу дозволяє визначити місця прогарів, корозії, великих деформацій обичайок (вм'ятини, випучини), тріщини, порушення зварних і клепаних швів і т. ін. Викривлення корпусу апарата визначається за допомогою профілографа і геодезичним безконтактним методом. Останній спосіб найбільш прийнятний для визначення максимальних викривлень корпусу барабанної сушарки. На працюючій сушарці проводиться вимір биття гарячого і холодного кінців і визначається експлуатаційний стан ущільнень.

Нормальна робота приводу характеризується відсутністю вібрацій, шуму і поштовхів у зачепленні і універсальному шпинделі, безперебійним надходженням масла в усі точки змащування.

Результати комплексного обстеження апарата зводяться в єдину схему за якою складається відомість дефектів агрегату. Аналогічним чином визначаються дефекти і допоміжного обладнання.

Для скорочення тривалості простою барабанної сушарки на ремонті, підвищення якості та зниження вартості ремонту – основні роботи виконують за проектом організації ремонтних робіт (ПОР).

ПОР включає в себе:

- ескіз сушарки;
- перелік ремонтних операцій і їх зміст;
- технічні умови на виконання ремонтних операцій;
- визначення перевіркової бази і методи перевірки;
- перелік матеріальних ресурсів, допоміжних інструментів і пристосувань;
- допуски відхилень розмірів від зазначених у кресленнях.

При виконанні ремонту обертових вузлів обов'язковим є застосування вузлового методу, який передбачає заміну всіх зношених вузлів новими (заздалегідь підготовленими) або ж відремонтованими.

При підготовці апарата до ремонту проводяться наступні роботи:

- готуються шляхи під'їзду і засоби доставки вузлів.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

- встановлюються вантажопідйомні і підтримуючі пристрої.
- виконується укрупнена збірка вузлів.

Підготовчі роботи дозволяють зменшити тривалість капітального ремонту і провести його протягом 18–28 діб.

Перед здачею в ремонт з барабанної сушарки необхідно видалити клінкер і футеровку, ретельно очистити всі підлягаючі ремонту і розбиранню вузли. Найбільш часто ремонтованими вузлами барабанної сушарки є корпус, роликові опори, бандажі, венцові пари, приводи, вентилятори і димососи, теплообмінні пристрої, холодильники, масляні системи, системи водяного охолодження, аспіраційні пристрої.

Майже кожна зупинка барабанної сушарки на капітальний ремонт супроводжується заміною дефектних ділянок корпусу. Така заміна проводиться шляхом установки нових обичайок довжиною від 1 до 20–30 м, причому найбільш часто замінюються ділянки по 3–4 м. При цьому потрібна установка підпор під консолі корпусу для запобігання можливого викривлення осі апарата в місці установки нових обичайок. Стиковка їх зі старим корпусом – доволі трудомістка операція, а застосування існуючих методів перевірки стикувань нерідко призводить до значних неточностей.

Привід є найбільш відповідальним вузлом. Від надійності його роботи залежить нормальна експлуатація усього агрегату. Відповідно до кінематичної схеми приводу сушарки, яка містить: електродвигун, редуктор, універсальний шпindel і венцову пару – найменш надійним в експлуатації і найбільш часто ремонтованим вузлом вважається венцова пара.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

5 Охорона праці

Сутність та будова занулення, сфера застосування та вимоги до нього

Захисне занулення – система, в якій струмопровідні частини обладнання, ої не перебувають в нормі під напругою, з'єднані з нейтраллю. У захисних цілях навмисно створюється з'єднання між відкритими провідними елементами глухозаземленою нейтраллю (в мережах трифазного струму) [17].

У мережах однофазного струму створюють контакт із глухозаземленим виводом джерела однофазного струму, а у випадку з постійним струмом – із глухозаземленою точкою джерела струму. Хоча занулення характеризується серйозними недоліками, система як і раніше широко застосовується в багатьох сферах для захисту від струму [17].

Занулення, що застосовується в електромережах, підрозділяється на робоче і захисне. Якщо робоче занулення виконане за допомогою робочого провідника N і має електричний зв'язок з такими елементами електромережі, як глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора (трифазна мережа), із глухозаземленим виводом джерела (однофазна мережа постійного струму), із глухозаземленою точкою джерела (однофазна мережа постійного струму), то захисне занулення виконано за допомогою захисного провідника PE і має електричний зв'язок із цими ж елементами електричної мережі, що і робоче занулення. Робоче занулення призначене для забезпечення процесу електропостачання, а захисне виконує функції електробезпеки або «захисного заземлення». У різних випадках для захисту від дії електричного струму може застосовуватися або захисне занулення або захисне заземлення. Так, наприклад, останнім застосовується для захисту від дії електричного струму у разі непрямого дотику. Далі ми детально розглянемо, що таке занулення, для чого воно потрібно і як працює [18].

Робота захисного занулення і захисного заземлення відрізняються тим, що при зануленні, якщо на корпусі обладнання з'являється небезпечний потенціал, то може статися коротке замикання. Під дією струму короткого

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

замикання в кілька разів більшого за значенням, ніж номінальний струм мережі, спрацьовує запобіжник або інший захисний апарат. При захисному заземленні нищівну силу електричного струму нейтралізується зниженням величини напруги дотику (і напруги кроку) до безпечного значення. Пошкоджений побутовий електроприлад або електрообладнання, що не мають захисних занулення або заземлення, можуть довгий час перебувати під напругою і стати небезпечними для людини в момент торкання або при наближенні до обладнання на небезпечну відстань.

Як сказано вище, при попаданні фази на корпус приладу, який виконаний з металу і з'єднаний з нульовим захисним провідником, відбувається коротке замикання. Величина струму короткого замикання більше в кілька разів величини номінального струму. Під його впливом спрацьовують апарати захисту. Внаслідок цього відключаються електричні лінії, підключені через захисний апарат.

Площу перерізу провідників слід вибирати, виходячи з вимог відповідних глав ПУЕ. Для захисних провідників визначено залежність їх перетину від перерізу фазних провідників. Так для площ перетинів провідників фази, менших 16 мм^2 , розмір площі перетину захисного провідника дорівнює площі перетину захисного провідника. Якщо площа перерізу фазного провідника знаходиться в діапазоні від 16 до 35 мм^2 , то площа перерізу захисного провідника дорівнює 16 мм^2 і якщо площа перерізу фазного провідника більше 35 мм^2 , то площа захисного провідника вибирається в 2 рази менше. Також площа перетину можна розрахувати самостійно [18].

Захисне занулення застосовується в трифазних мережах змінного струму і однофазних мережах змінного і постійного струму, рівень напруги яких до 1000 В . Якщо електрична мережа трифазна змінного струму і рівень напруги складає $660/380 \text{ В}$, $380/220 \text{ В}$ або $220/127 \text{ В}$, то заземлюється нульовий провідник – мережа типу TN [18].

Якщо мережа однофазна змінного струму, то захисне занулення

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

застосовується за умови, що заземлений вивід мережі. Якщо мережа однофазна постійного струму, то захисне заземлення використовується, якщо заземлена середня точка джерела електричної енергії [17].

Захисне занулення може виконуватися як за допомогою РЕ провідників, так і за допомогою поєднаного PEN провідника. Застосування того чи іншого виду захисного занулення залежить від того, яка система заземлення використовується в електроустановці і якої величини площа перетину живильних кабелів [17].

Також може об'єднуватися функціонал нульового захисного і нульового робочого провідників за умови, що вони використовуються в багатофазних ланцюгах в системі TN і прокладені стаціонарно. При цьому необхідно дотримуватись вимог щодо забезпечення площі поперечного перерізу жил провідників, виготовлених з різних матеріалів. Жили мідних кабелів повинні мати площу поперечного перерізу не менше 10 мм², жили алюмінієвих кабелів – не менше 16 мм² [18].

Забороняється в колах однофазного і постійного струму поєднувати функціонал нульового захисного і нульового робочого провідників. Для захисного занулення використовується окремий третій провідник – винятком є відгалуження від ПЛ напругою до 1 кВ до однофазних споживачів електроенергії [18].

Іноді вважають, що заземлення на окремий контур, не пов'язаний з нульовим проводом мережі, краще, тому що при цьому немає опору довгого PEN-провідника від електроустановки споживача до заземлювача КТП (комплектної трансформаторної підстанції). Така думка є помилковою, тому що опір заземлення, особливо кустарного, набагато більший опору навіть довгого дроту. І при замиканні фази на заземлений таким чином корпус електроприладу струм замикання через великий опір місцевого заземлення може виявитися недостатнім для спрацьовування АВ (автоматичного вимикача) або запобіжника, що захищає цю лінію. У такому випадку корпус приладу буде перебувати під небезпечним потенціалом. Крім того, навіть

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

якщо застосувати АВ невеликого номіналу, що спрацьовує від струму замикання на землю, все одно забезпечити необхідну ПУЕ час автоматичного відключення пошкодженої лінії практично неможливо [19].

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

Література

1. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. – Москва : Химия, 1970. – 432 с.
2. Бікарбонат амонію [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://himfarminvest.com.ua/bikarbonat-ammoniya>
3. Вуглеамонійна сіль (Бікарбонат амонію) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://atk-ua.com/catalog/ugleammonijnaya-sol/>
4. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 32 с.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.
6. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
7. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
8. Лазинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лазинский, А. Р. Толчинский. – Ленинград : Машиностроение, 1970. – 752 с.
9. Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лазинский. – Ленинград : Машиностроение, 1981. – 382 с.
10. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]. – Под общ. ред. Сорокина В. Г. – Москва : Машиностроение, 1989. – 640 с.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

11. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок / П. Д. Лебедев. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1963. – 320 с.
12. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.
13. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.
14. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Машини та апарати хімічних виробництв» зі спеціальності 7.090220 «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» : для студ. денної та заочної форм навчання / С. І. Якушко. – Суми : СумДУ, 2007. – 57 с.
15. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.
16. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.
17. Заземление и зануление. Назначение, область применения и устройство [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/5639066/page:45/>
18. Что такое зануление и для чего оно нужно [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://samelectrik.ru/chto-takoe-zanulenie.html>
19. Занулення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>